

環境省サンゴ群集修復事業の今後の展開について

これまで、環境省は着床具を用いた有性生殖法によるサンゴ移植を中心に行なってきたが、更に効率的で、規模を拡大した再生を目指し、関係機関と協力した事業も含め新たな事業についても検討を進めているところである。

第1回学術調査WGでは、サンゴ移設・増殖や基盤整備に係る種々の技術手法を整理した。環境省では、それらの中から以下3点について、より掘り下げた検討を行うこととした。

1. 航路のサンゴ群集移設
2. サンゴ礫固定ネット用いた着床基盤の創出
3. 陸上種苗生産

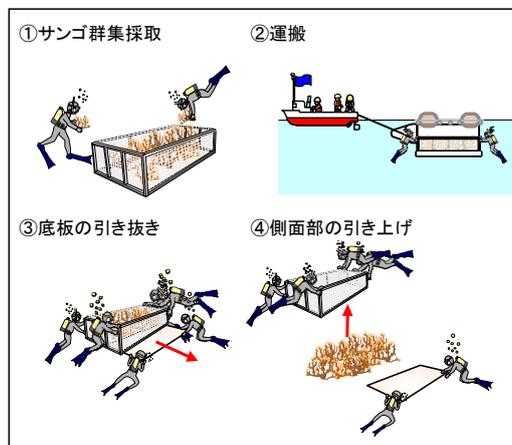
1. 航路のサンゴ群集移設

<手法概要>

礁池内の砂礫底に存在するサンゴ群集を移設カゴに収容し、サンゴ群集としてまとめて移設する手法。

<事業の方向性>

竹富南航路周辺のサンゴ移設(H23,H24 沖縄総合事務局石垣港湾事務所実施)では、サンゴ群集約 2000 m²をこの手法を用いて、航路の近傍に移設した。今後の浚渫作業により発生するサンゴ群集を、石垣港湾事務所の協力を得て、環境省事業にて、産卵源等としてより重要な再生すべきエリアに移設する。



<メリット>

- ・ある程度大きな規模のサンゴ群集の創出が可能（基盤に固着しないサンゴを群集のまま移設できる）。
- ・群体ごとに固定する必要がないため移設効率が高い（同規模の群体移設よりも低コスト）。
- ・低密度に破片化して点在する不安定なサンゴ群体を、サンゴ群集として移設することにより、他種間でも固着し合い、面的に安定したサンゴ群集となる。その結果、移設群集自体による礁池内の群集再生産やマザーゾーン、幼生供給源としての機能が期待される。
- ・移設時に水中ボンド等の接着剤は使わないため、環境親和性に優れた手法である。

<リスク>

- ・これまでの近傍への移設に比べ、長距離移動にともなうサンゴへのストレスや環境の変化によって、サンゴの定着・生育等に影響を受ける可能性がある。
- ・移設カゴを用いた方法では、礁池内以外の波浪が強い海域での実績がなく、移設サンゴの定着が、これまで同様高い確率でみられるか確証はない。そのため、適正な移設場所の選定が重要なポイントとなる。
- ・今後の航路整備事業でどの程度の移設サンゴが確保できるかは現状未定。

<適用場所>

（既存の環境データや空中写真等から候補区を絞り込み、現地調査を実施した後、詳細な移設箇所を選定していく。次頁参照）

※礁池内でサンゴ群集修復事業を展開する意義

- ・石西礁湖のサンゴ礁は、オニヒトデの大発生や高水温に伴う白化により衰退傾向。
- ・衰退後のサンゴ群集の回復については、礁斜面では、場所による差が大きいものの回復した場所（北礁、浦底湾等）もある。
- ・一方、礁池内については、過去に被度 50%以上の枝状サンゴ群集が広範囲にみられたものの、1980 年代のオニヒトデ大発生により大半が失われ、その多くは砂地や礫地となり、未だに回復していない。
- ・このような枝状サンゴ群集は、かつてはハタ類やブダイ類の漁場として重要な場所であったが、今では漁場として使われなくなり、八重山におけるこれらの漁獲量減少もこれらが一因となっている可能性が指摘されている。

移設先選定の流れ

STEP1

- ・既存データや空中写真等を活用して、本手法の適用可能な候補区を抽出。

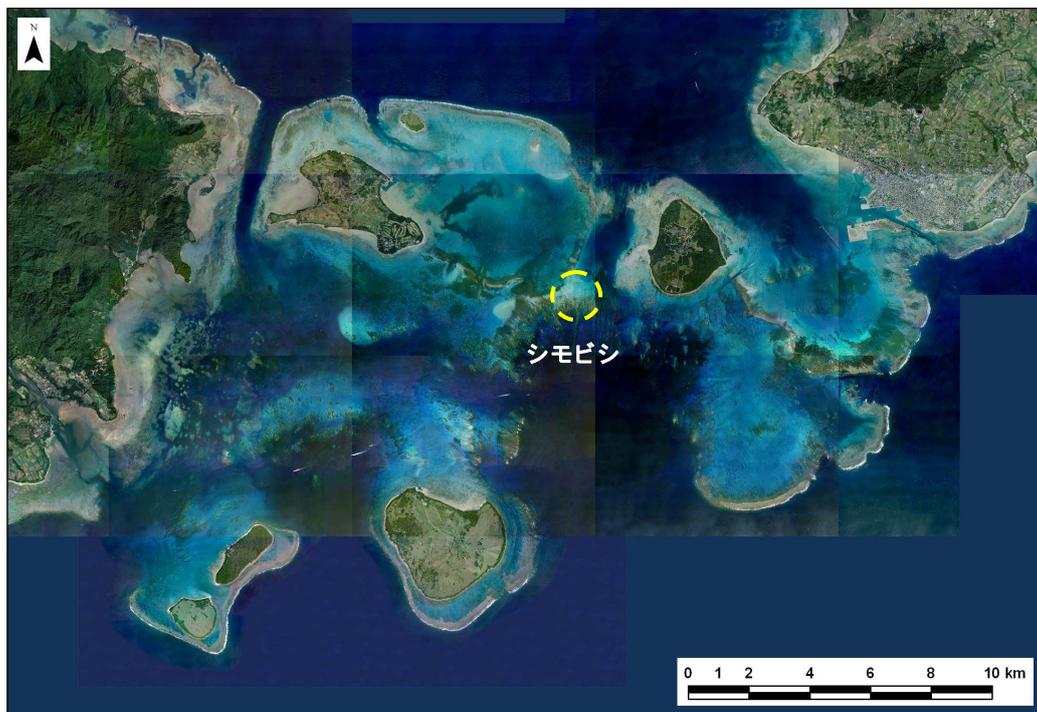


図 航路のサンゴ群集移設候補区(案)

STEP2

- ・候補区に対して表 1 に示す事前調査を実施。

表 1 事前調査の内容

調査方法	調査目的	調査内容
マンタ法	海底概況からみた移設候補地の選定	移設候補地において、評価基準1,2の条件を満たす場所の抽出
スポットチェック法	潜水観察による移設候補地の詳細評価 (各移設候補地に最低1カ所は調査点を設ける。)	マンタ法では確認できない、採取元の優占種の有無や、オニヒトデ幼体等を含めた食害生物の有無、サンゴの病気発生状況を観察し、最終的な候補地を評価する上での結果を得る。

STEP3

- ・候補区における事前調査結果をもとに、表 2 の評価基準で具体的な移設適地を選定する。

表 2 移設候補地の評価基準

評価基準1	波浪の影響を受け難く、移設に適した底質が存在し(礫地や岩礁域)、自然に加入しているサンゴが少なく、移設できる裸地がある。
評価基準2	オニヒトデやシロレイシガイダマシ等の食害生物の食痕が目立たず、食害生物が少ない。
評価基準3	採取元のサンゴが生息できる環境条件が整っている。 (水深、採取元の優占種の有無、食害生物の詳細観察(食痕が目立たないこと)、サンゴの病気発生状況)

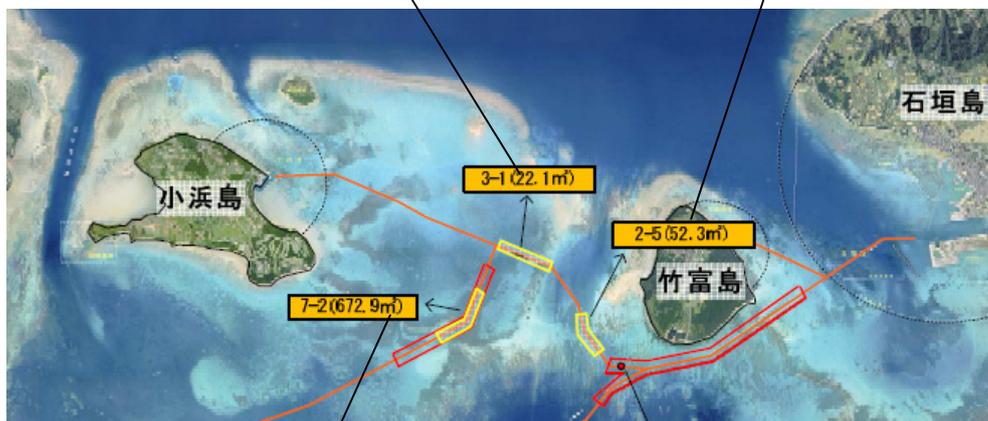
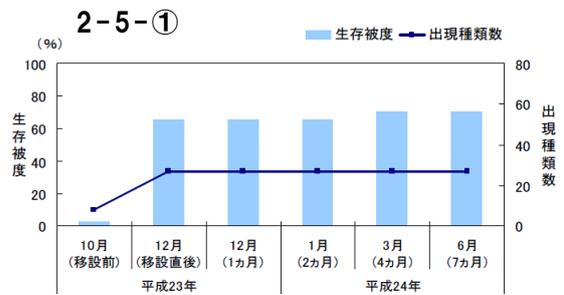
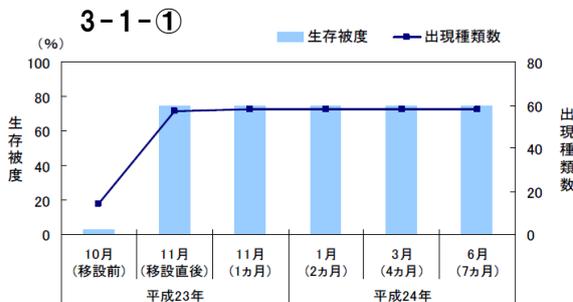
※竹富南航路におけるサンゴ群集移設について

【概要】

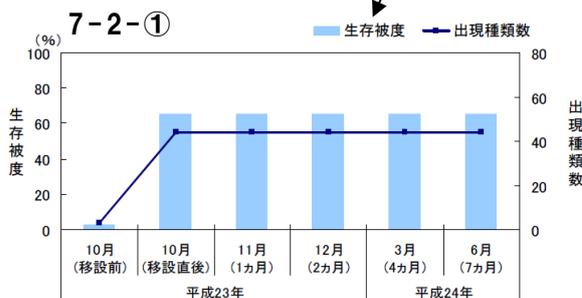
竹富南航路の整備にあたっては、ルート及び規模の検討を重ね、竹富島南西部のサンゴ高被度域への配慮や浚渫量低減によりサンゴ類への影響を低減してきたが、一部のサンゴについては、航路浚渫区域上に分布するため、実行可能な範囲で、サンゴの移設を行っている。(移設面積 平成23年度:約750m²、平成24年度:1,000m²(計画))

【経過】

- ・移設直後、サンゴ類の生存被度は65～75%であり、出現種類数は27～60種。
- ・移設後7ヵ月を経過して、出現種類数に大きな変化はみられないものの、生存被度が増加している地点も見られている。



平成23年度の群集移設実施箇所



- ・移設後のサンゴ群集内では、近傍のサンゴ群体同士が固着する状況が確認され、全体的にサンゴ群集が安定化傾向にあると考えられた。
- ・移設したサンゴにおいて産卵を確認した。



サンゴ群集内で進むサンゴ同士の固着



7-2-①で確認されたスギノキミドリイシの産卵

資料：第5回石西礁湖における航路整備技術検討委員会（資料6 移設サンゴの状況）

【成果】

表 サンゴ群集移設法による成果

成果	内容
移設規模の増大	サンゴ群集移設法では、基盤に固着しないサンゴを群集のまま移設できるため、大規模な移設が可能となり、今年度は、約 750 m ² のサンゴ群集を移設することができた。
移設効率向上	サンゴ群集移設法の場合、移設時に群体ごとに固定する手間が省かれるため、移設効率が向上した。
移設基盤の多様化	これまで砂地や礫地への移設では、移設したサンゴ群体を安定化させることが難しく、運搬可能程度の大型の塊状サンゴ以外、これらの場所への移設は困難であった。しかしながら、サンゴ群体を密に大規模に移設し、群体同士の固着作用を利用し安定化させることで、砂地や礫地への移設も可能となった。
生物多様性の回復とサンゴ礁景観形成機能の増大	これまで礫地で生物相が少なかった場所に、サンゴ群集を移設することで、周囲から蟄集する魚類や底生生物が増えた。移設を大規模に実施することで、生物多様性の回復傾向が伺われ、サンゴ礁景観形成機能も増大しているものと考えられた。
群集安定力の向上	本年度の移設では、砂地や礫地で点在する被度の低いサンゴ群体も可能な限り移設対象とした。これらのサンゴ群体は、ほとんどが付着基盤をもたないか、小型の礫に付着するものが多く、波浪の度に転がり、埋没する等、生息環境が安定しているとは言い難い状態にあると予想される。しかしながら、今回、これらのサンゴ群体を密にまとめて移設することで、近隣の群体同士が固着し（同種間の融合や多種間の死亡部への固着）、面的に安定することで、単群体で分布するよりも、生残性を高めることができたと考えられた。

資料：第4回石西礁湖における航路整備技術検討委員会（資料9 サンゴの移設とモニタリングの状況）

2. サンゴ礫固定ネットを用いた着床基盤の創出

<手法概要>

礁池内の砂礫底(サンゴ礫帯)で、ネット等を設置し、サンゴ礫を固定・安定化させ、サンゴの着床基盤を創出する。

<事業の方向性>

礁地内で、サンゴの回復が進まない原因の一つに、サンゴ礫による自然着床阻害や巻上げによるサンゴの破壊があげられる。そのため、サンゴの着床基盤となる安定したサンゴ礫底の形成が必要と考えられる。

本手法は、平成 21 年度に北礁において試験を実施し、その後モニタリングを実施している*。

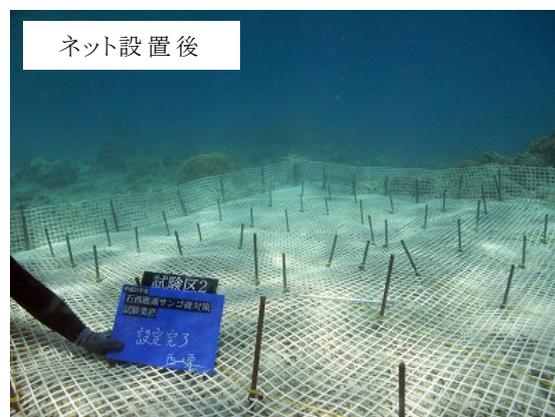
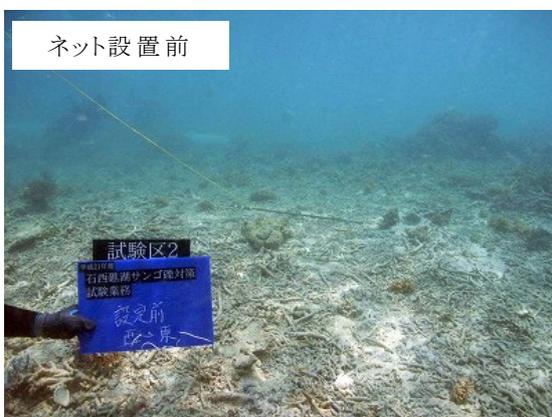
上述の試験では一定程度の効果がみられたものの、小規模試験(5×5m)であったため、今後も小規模に実施しつつ、様子を見ながら順次広域に展開していくことを基本とする。

※ネット固定試験

【概要】

サンゴ礫対策としては、平成 21 年度から環境省事業において、サンゴ礫を固定し、サンゴの新規加入と再生を促進することを目的とした試験が行われている。

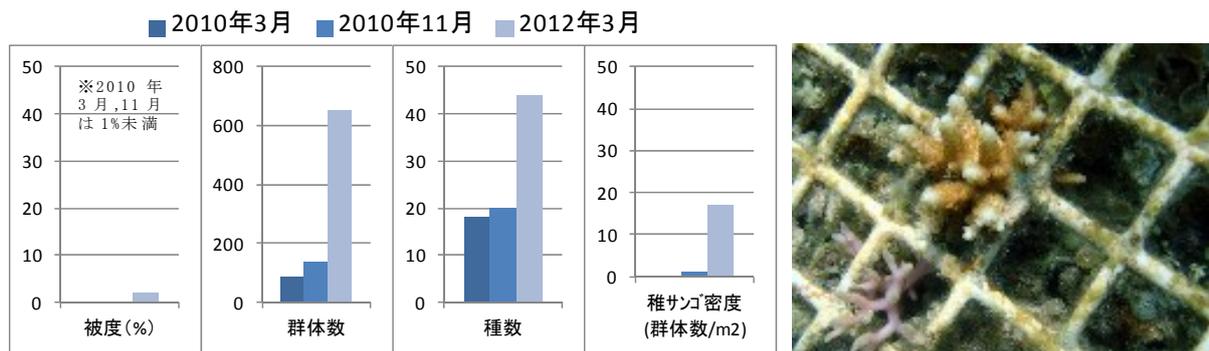
具体的には、礁池内の砂礫底(サンゴ礫帯)で、ネット等を設置し、サンゴ礫を固定・安定化させ、サンゴの着床基盤を創出している。



【成果】

上記したサンゴ礫対策では、ネットで固定したサンゴ礫にサンゴ群体が着床し、成長する様子が観察された。また、ネット自体にも稚サンゴが着床し、サンゴ群体の成長と新規加入を促進する基盤としての効果がみられた。したがって、ネットの押さえつけによる礫固定は、礫底のサンゴ基盤を創出する上で有効な手法と考えられた。

また、サンゴ群集の顕著な増加には時間がかかるため、着床具で採苗したサンゴ群体の補助具による移植も併用することも検討する。



2010年3月のネット設置から2012年3月までの被度、群体数、種数、稚サンゴ密度

サンゴ礫固定ネットの隙間から成長するサンゴ群体

<メリット>

- ・ネット設置時に、サンゴ礫に着床している稚サンゴや、その後の新規加入サンゴにより、被度増加が期待される。
- ・一度、ネットを設置すると、その後の管理はいらない。
- ・コストが低く抑えられ、大規模に実施可能。

<リスク>

- ・景観上、人工的な印象を与える可能性がある。

<適用場所>

礁池内の再生候補地より選定することを基本とする。

具体的な実施場所については、p.3 に示す STEP1～STEP3 と同様の手順で実施。

<想定される候補区 (STEP1)>

場所：ミルキーウェイ、ウラビシ

規模：初年度 100 m²程度、2年目以降は初年度の結果をみて順次拡大

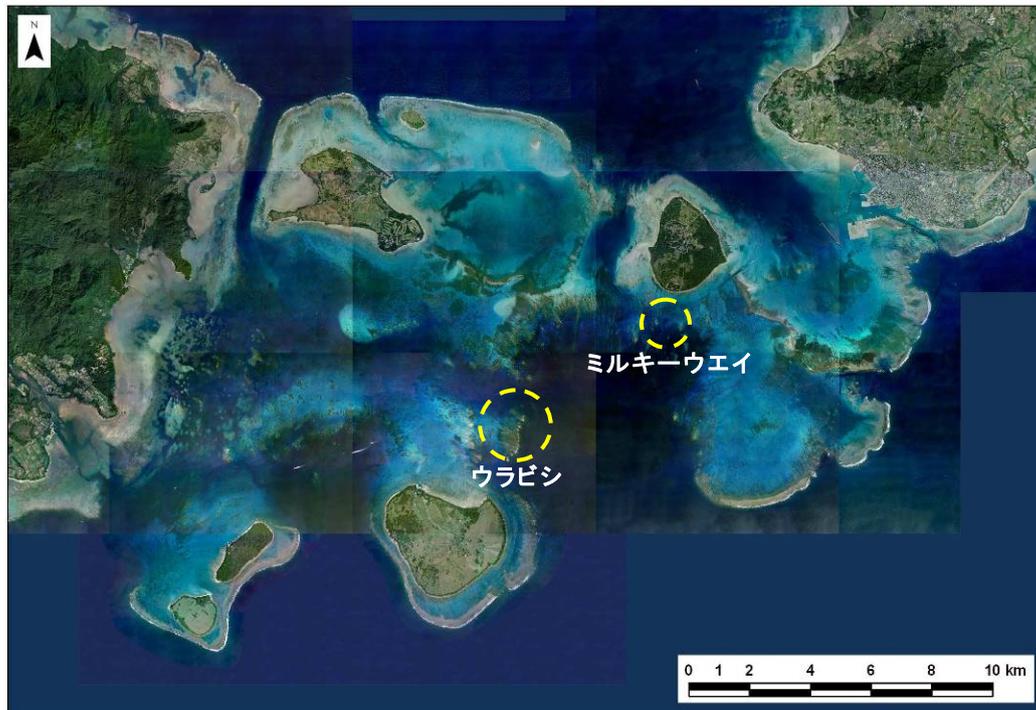


図 サンゴ礫固定ネットを用いた着床基盤の創出の候補区(案)

現地調査による候補地の評価指標については、以下①～⑥の観点から具体的な場所を選定していくこととする。

- ①サンゴ礫：できるだけ多く堆積
- ②地形：できるだけ平坦（サンゴ礫流動の影響が出やすい）
- ③底質：岩礁域に礫堆積（砂底域に礫堆積の場合、加入の成功が少ない）
- ④水深：5～10m（10m 以深では加入が少ない。5m 以浅では高水温の影響を受け易い）
- ⑤波当たり：極端に強くない（台風による波浪を直接受ける場所では地形全体が変化する可能性があり、また試験区が破壊される恐れがある）
- ⑥食害生物：オニヒトデ大発生海域ではない（発見の場合駆除する）

～ 礫の固定によるサンゴ移植他事例 ～

(1) フィリピン、カラグカラグ海洋保護区(図 1、フィリピン、2003-2005):ダイナマイト漁跡におけるプラスチック網使用による礫安定化 (Edwards,A.J.(ed.)(2010).Reef Rehabilitation Manual.Coral Reef Targeted Research&Capacity Building for Management Program より引用)

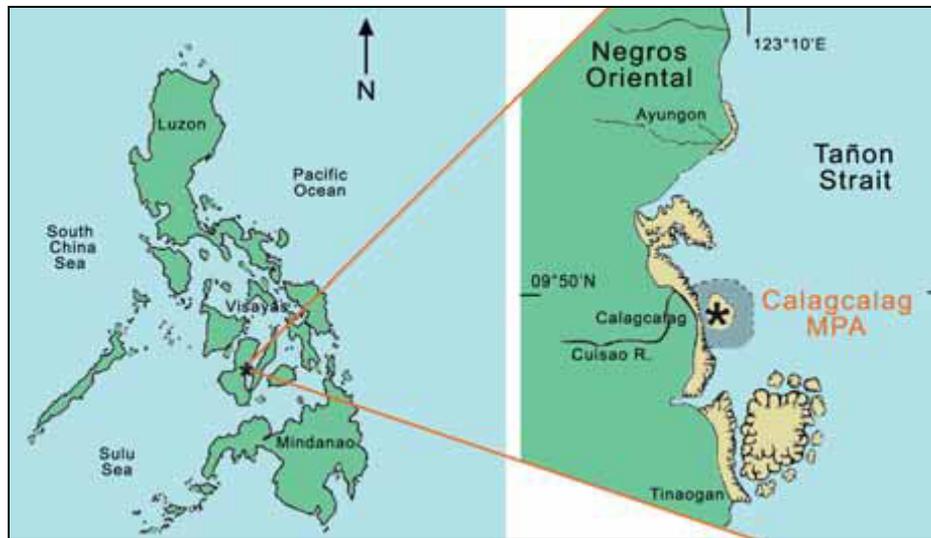


図 1 調査地点位置図

①背景及び目的

海洋保護区 10.4ha(1988 年設定)のサンゴ礁は 1980 年代半ばまでダイナマイト漁により破壊され、そこでは 10 年以上自然の加入による回復がほとんどみられない。

そこで、加入サンゴの生残率改善のためにプラスチックネットを使い礫底を安定させることとサンゴが着床した岩塊を設置し、魚類の棲みか再構築を開始した。

③方法

17.5 m²の調査区 3 か所が設定され、2 cm 網目のネットが礫底に張られた。既存塊状サンゴを固定に活用するため、網目に穴をあけ、サンゴを露出させた。中空のピラミッド型岩(1m 高、0.5 m²)が漁民により礁岩とセメントで製作され、網上に置かれ、網を固定するとともに地形を複雑化させ魚類を集める役割を持たせた(図 2)。



図 2 プラスチックネットと岩塊

移植サンゴは周囲の自然礁からはがれ、再着定の可能性が低いものを集め、ネットにプラスチックバンドで固定または岩塊に水中ボンドで固着した。移植数は 1 調査区あたりホソヅツミドリイシ等約 75 断片である。

④モニタリング

調査場所を調査区、周囲の自然礁、礫域の 3 ゾーン(図 3)に分け、各ゾーンにおいて、年 3-4 回、3 年間及び 2008 年にモニタリングを行った。

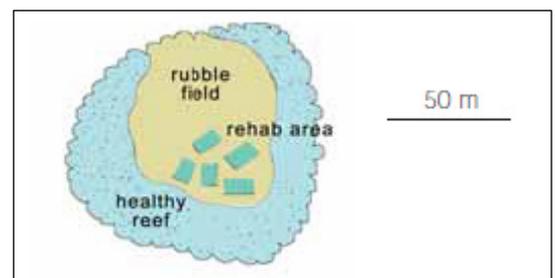


図 3 調査場所の区分け

⑤生態的成果

調査区ゾーンは500 m²で、8m深の礫域の約20%にあたる。2003年6月設置のネット上は3週間後、小型海藻、無節サンゴモで覆われたが、2003年9月には直径1cmの加入サンゴが認められた。加入数は増加を続け、2003年9月の0.5/m²から2005年3月には4.5/m²となった。しかし、2003年10月設置のネットには1年後まで加入は認められなかった。また、加入数もその後5ヶ月以上増加しなかった(図4)。加入サンゴ相(主にキクメイシ科、ハナヤサイサンゴ科、ハマサンゴ科、ミドリイシ科)は周囲の健全なサンゴ群集のそれを反映していた。加入サンゴの生残率は有意にネット上(10ヶ月で63%)の方が礫域(同6%)よりも高かった(図5)。加入サンゴの長径は10ヶ月で6cmを超え、一方礫域のそれは摩滅、部分死滅し、2-4cmにとどまった。岩塊への加入はネットや礫上よりも低かったが、移植したサンゴの生残率はネットよりも高かった。

魚類は数日以内に岩塊付近に出現し、数年以内に礫域の貧弱な魚類相から健全サンゴ群集のそれとの中間くらいになった。現存量は、海洋保護区管理が功を奏し、全てのゾーンで増加した。調査区では周囲の健全サンゴ群集と同様になった(3年後で500 m²あたり15kg)。礫域では明らかに遅れがあり、最終的には他のゾーンの1/3であった。

ネット上の海藻付着は礫域に比べ明らかに少なかった。特にウミウチワ類が礫域で季節的に繁茂したが、ネット上はほとんどみられなかった。ネットは藻類の付着を阻害したか、草食動物が多かったためと思われる。

⑦500 m²の礫域安定化に必要な資源

a. 人的資源

3~4人のシリマン大学研究者が事業に参加し、地域の代表1人が事業終了まで雇用された。事務局員は臨時的に雇用し、漁協員も支援した。環境天然資源省は調査に協力した。

b. 財政的資源

支出の年次内訳

- 1年目: 資材 60%、モニタリング 40% (備船、器材レンタル、ポンベ代含む)
- 2年目: 資材 40%、モニタリング 60%
- 3年目: モニタリング 60%、ワークショップ 40%
- 4年目: ワークショップ 30%、人件費 50%、モニタリング 20%

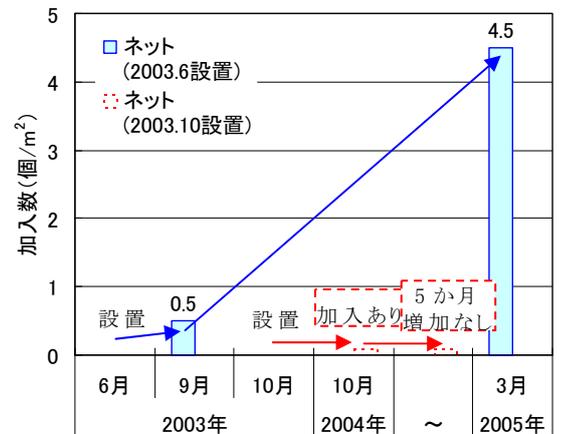


図4 ネットにおける加入数変化

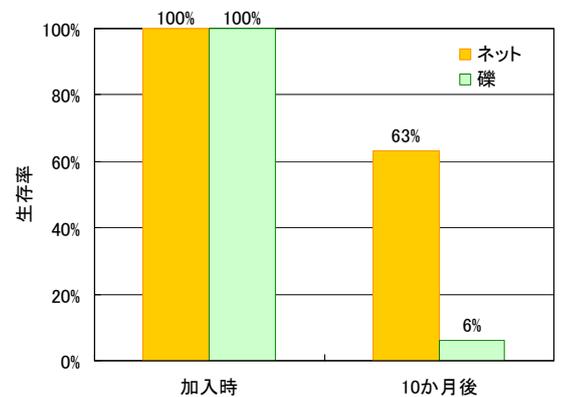


図5 調査区における生存率の比較

⑧まとめ

手法は3年目のサンゴ加入増加、魚類相変化があった点からコストにおいて効果的と思われる。ネットは25㎡までが適当と考えられ、特に清掃等のメンテナンスは必要ない。

海洋保護区管理強化は3つのゾーンにおける特定魚種現存量の急激な増加をもたらしたが、調査区と自然礁においては礫域よりかなり大きかった。

岩塊にセメントで固着したサンゴ断片はネットにプラスチックバンドで固定した断片より生残率が高かった。これはネット固定が不十分で、断片が移動または摩滅したためである。ネットで礫を安定化すれば、加入も多く生残率も高いので、移植は必要なく、近辺に幼生を供給できるサンゴ群集があればよい。

設置5年後の観察では、ネットに異常なく、加入サンゴは17属で、直径15-18cmに成長した。岩塊も異常がなかった。

3. 陸上種苗生産

<現在行っている試験的手法>



<事業の方向性>

海域における採苗率が安定しない現在、陸上施設におけるサンゴ増殖技術の確立は、より安定的で大規模な種苗生産を行う上で重要と考えられる。

現在、環境省では平成22年度から有性生殖による陸上種苗生産を試験的に行っているが、中間育成の際に採苗率の低下がみられ、実用的なレベルには達していない。中間育成の際の採苗率低下に対する課題解決が必要であり、既存手法の情報収集や、同じく陸上種苗生産を進める沖縄県や他の機関と連携を通し、手法の改善を図る。

石西礁湖自然再生への応用展開を図るためには、①八重山で種苗の安定飼育が可能な施設の確保を目指すとともに②沖縄本島施設での種苗生産(石西礁湖内にてスリック採取 → 陸上施設へ幼生を輸送 → 着床・育成 → 石西礁湖にて移植)も検討する。

<メリット>

- ・より安定的・効率的な種苗生産を行い、費用対効果を向上させることが可能になる。
- ・海中での畜養に比べると、基盤の設置や移動にかかる作業コストを低減できる。

<リスク>

陸上飼育施設の施設整備や管理、運営が必要となる。

<具体的取組>

- 実施場所の確保(連携先の模索) 例)石垣市、黒島等
- 陸上飼育期間の長短による比較試験
- 通年飼育の実施(石垣、屋我地(いであ株施設))
- 既往の陸上種苗生産技術・研究の情報収集

＜これまでの成果＞

2011年度及び2012年度の移植前採苗率は図1に示すとおりである。陸上水槽における採苗率は、2011年度は約2.4%と低かったものの、2012年度は約14.5%と増加した。2012年度の着床具タイプ別の採苗率をみると、リユース(08CR)での採苗率が約40%と高かった。

海域全体の8月時点での採苗率は、地点の選択等により、年々向上している(図2)。一方で、2011年度は台風の影響により、海中での採苗率が下がったことから、陸上種苗生産を行なうことにより、種苗確保において、リスク分散を図れると考えられる。

現時点では、陸上生産した種苗からの採苗率は、従来の海域で着床させる方法に比べ採苗率が低いのが、今後、管理技術の向上や課題に対する知見の蓄積により、改善されることが期待される。

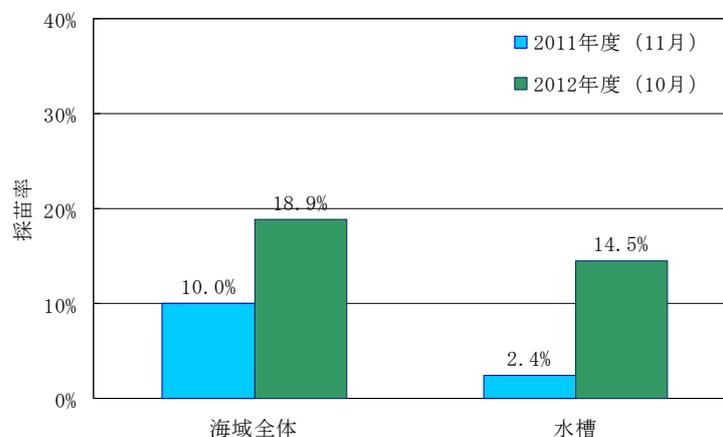


図1 2011年度及び2012年度の移植前採苗率

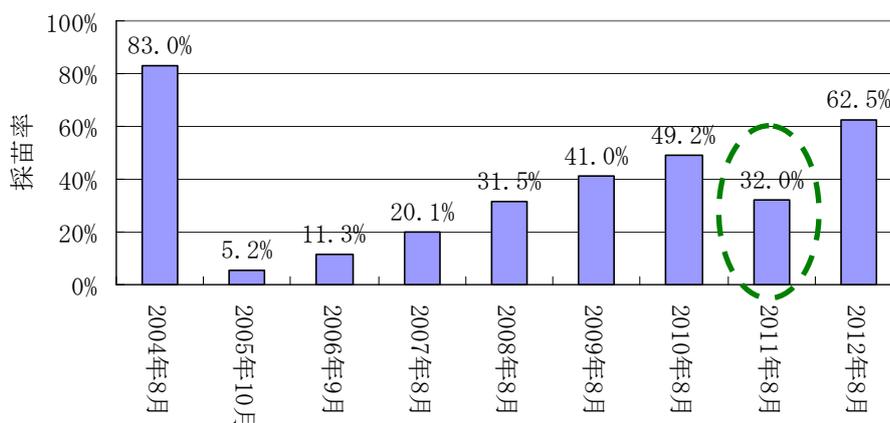


図2 採苗率の経年変化